

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Akira KIKITSU, et al.

GAU:

SERIAL NO: NEW APPLICATION

EXAMINER:

FILED: HERewith

FOR: PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING MEDIUM

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number _____, filed _____, is claimed pursuant to the provisions of **35 U.S.C. §120**.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of **35 U.S.C. §119(e)**:
Application No. _____ Date Filed _____
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of **35 U.S.C. §119**, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

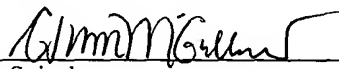
<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Japan	2002-282439	September 27, 2002

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. _____ filed _____
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number _____
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. _____ filed _____; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s) _____
☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

C. Irvin McClelland
Registration Number 21,124

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 05/03)

0350456

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 9月27日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-282439

[ST.10/C]:

[JP2002-282439]

出 願 人

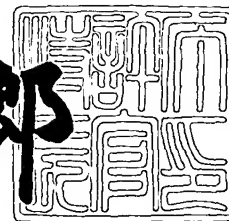
Applicant(s):

株式会社東芝

2003年 4月11日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3025653

【書類名】 特許願

【整理番号】 13B0260531

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/00

【発明の名称】 磁気記録媒体

【請求項の数】 13

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝
研究開発センター内

【氏名】 喜々津 哲

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝
研究開発センター内

【氏名】 鎌田 芳幸

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

【識別番号】 100083161

【弁理士】

【氏名又は名称】 外川 英明

【電話番号】 (03)3457-2512

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 010261

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と、この基板上に設けられた軟磁性膜と、この軟磁性膜上に設けられ前記基板の上面に平行な方向に配列した複数の軟磁性層と、前記複数の軟磁性層上に設けられ前記基板の上面に垂直な方向に磁気異方性を有する強磁性記録膜とを具備することを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 2】 前記複数の軟磁性層と前記強磁性記録膜との間に非磁性層を有することを特徴とする請求項 1 記載の磁気記録媒体。

【請求項 3】 前記非磁性層は前記複数の軟磁性層同士の間を埋め込んで設けられ、当該非磁性層の上面は平坦であることを特徴とする請求項 2 記載の磁気記録媒体。

【請求項 4】 前記軟磁性膜と前記複数の軟磁性層とは互いに接していることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の磁気記録媒体。

【請求項 5】 前記軟磁性膜と前記複数の軟磁性層との間に膜厚 10 nm 以下の非磁性膜を有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の磁気記録媒体。

【請求項 6】 基板と、この基板上に設けられた軟磁性膜と、この軟磁性膜上に設けられた非磁性層と、この非磁性層上に設けられ前記基板の上面に垂直な方向に磁気異方性を有する強磁性記録膜と、この強磁性記録膜上に設けられ前記基板の上面に平行な方向に配列した複数の軟磁性層とを具備することを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 7】 前記複数の軟磁性層同士の間における前記強磁性記録膜の上面に溝が設けられていることを特徴とする請求項 6 記載の磁気記録媒体。

【請求項 8】 前記複数の軟磁性層と前記強磁性記録膜との間に非磁性層を有することを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 9】 基板と、この基板上に設けられた軟磁性膜と、この軟磁性膜上に設けられた非磁性層と、この非磁性層上に設けられ前記基板の上面に平行な方向に配列するとともに前記基板の上面に垂直な方向に磁気異方性をそれぞれ有する

複数の強磁性記録層と、当該複数の強磁性記録層各々の上にそれぞれ設けられた複数の軟磁性層とを具備することを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 1 0】 前記複数の軟磁性層と前記複数の強磁性記録層との間に非磁性層を有することを特徴とする請求項 9 記載の磁気記録媒体。

【請求項 1 1】 前記複数の軟磁性層それぞれの厚さが 1 0 0 n m 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 1 0 のいずれかに記載の磁気記録媒体。

【請求項 1 2】 基板と、この基板上に設けられ、前記基板の上面に平行な方向に配列した複数の突起部を前記基板と反対側の面に有する軟磁性膜と、前記軟磁性膜上に設けられ前記基板の上面に垂直な方向に磁気異方性を有する強磁性記録膜とを具備することを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 1 3】 前記軟磁性膜の複数の突起部と前記強磁性記録膜との間に非磁性層を有することを特徴とする請求項 1 2 記載の磁気記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、情報の記録を行う磁気記録媒体に係わり、特に、磁気記録密度の高い垂直磁気記録媒体に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

高密度の磁気記録を行うには、情報の記録単位である磁区を小さくしないといけない。現在一般に用いられている磁気記録媒体においては、情報は磁氣的に分離した磁性粒子からなる磁性薄膜に記録されるが、高密度化のために磁区を小さくし、その境界の識別が明確にできるようにするためには、磁性粒子を小さくしないといけない。

【0 0 0 3】

しかしながら、磁気記録媒体の高密度化に対して、熱揺らぎの問題が立ちはだかっている。即ち、磁性粒子の磁化の向きを一方向に保つのに必要な磁気異方性エネルギー（磁気異方性エネルギー密度 K_u と磁性粒子の体積 V の積で表される。）が室温の熱揺らぎエネルギー程度になってしまい、時間とともに磁化が揺らい

でしまい、記録した情報が消失してしまう。

【 0 0 0 4 】

この熱揺らぎ問題を解決するために、パターンド媒体が提案されている（例えば、特許文献 1 参照。）。パターンド媒体とは、磁性薄膜を磁氣的に連続した膜とし、それを記録磁区の大きさに分断したものである。こうすることによって V を大きくすることができるので熱揺らぎ問題を回避することができる。

【 0 0 0 5 】

しかしながら、パターンド媒体には磁性薄膜（記録膜）の加工プロセスが必須であり、加工による磁気特性のダメージ、特に記録膜の垂直磁気異方性の大きさや方向の劣化が問題となっている。また、記録効率や再生効率を向上させるためには、記録ヘッドや再生ヘッドの浮上量を下げる必要があるが、本質的に平滑面である通常媒体に比べ、凹凸加工を施してあるパターンド媒体にとって浮上量を低くすることは困難であり、多くの平滑化プロセスを必要とする。

【 0 0 0 6 】

また、パターンド媒体は、磁区が形成される位置が媒体によって決まっている。従って、従来の磁気記録装置に対して、その位置に記録ヘッド或いは再生ヘッドを正確に位置決めするのは困難である。記録ヘッドや再生ヘッドの磁極位置が媒体の磁性体パターン（記録層）に対して微小距離ずれても磁化反転は起こるが、大きくずれた場合には、磁性体パターンの一部に対して記録磁界が印加されないことになり、実効的な記録磁界強度が減少して記録効率が悪くなる。このため、記録ヘッドや再生ヘッドの磁極位置と磁性体パターンとの間には大きなずれ量は許容できない。また、再生の場合のずれに関しては、磁性体パターン（記録層）からの磁束の発生量が同様に減ってしまうので、再生効率は低下してしまう。

【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】

米国特許第 5 9 5 6 2 1 6 号明細書

【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】

以上のように、従来のパターンド媒体においては、磁性薄膜（記録膜）の加工

プロセスにより記録膜の磁気特性が劣化してしまうという問題があった。また、磁気ヘッドの浮上高を低くするのが困難である点、記録ヘッド或いは再生ヘッドの磁極と磁性体パターン（記録層）間の位置ずれの許容量が少ない点、が問題であった。

【 0 0 0 9 】

本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであり、ヘッドの磁極と磁性体の記録領域間の位置ずれの許容量を大きくすることに適した信頼性の高い磁気記録媒体を提供することを目的とする。

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】

（構成）

前述した課題を解決するために、本発明の第1の磁気記録媒体は、基板と、この基板上に設けられた軟磁性膜と、この軟磁性膜上に設けられ前記基板の上面に平行な方向に配列した複数の軟磁性層と、前記複数の軟磁性層上に設けられ前記基板の上面に垂直な方向に磁気異方性を有する強磁性記録膜とを具備することを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

本発明の第1の磁気記録媒体において、以下の構成を備えることが好ましい。

【 0 0 1 2 】

（1）前記複数の軟磁性層と前記強磁性記録膜との間に非磁性層を有すること

【 0 0 1 3 】

（2）前記非磁性層は前記複数の軟磁性層同士の間を埋め込んで設けられ、当該非磁性層の上面は平坦であること。

【 0 0 1 4 】

（3）前記複数の軟磁性層と前記強磁性記録膜との間に、当該強磁性記録膜よりも保磁力の小さい磁性層を有すること。

【 0 0 1 5 】

（4）前記保持力の小さい磁性層は前記複数の軟磁性層同士の間を埋め込んで

設けられ、当該保磁力の小さい磁性層の上面は平坦であること。

【0016】

(5) 前記軟磁性膜と前記複数の軟磁性層とは互いに接していること。

【0017】

(6) 前記軟磁性膜と前記複数の軟磁性層との間に膜厚10nm以下の非磁性膜を有すること。

【0018】

また、本発明の第2の磁気記録媒体は、基板と、この基板上に設けられた軟磁性膜と、この軟磁性膜上に設けられた非磁性層と、この非磁性層上に設けられ前記基板の上面に垂直な方向に磁気異方性を有する強磁性記録膜と、この強磁性記録膜上に設けられ前記基板の上面に平行な方向に配列した複数の軟磁性層とを具備することを特徴とする。

【0019】

本発明の第2の磁気記録媒体において、以下の構成を備えることが好ましい。

【0020】

(1) 前記複数の軟磁性層同士の間における前記強磁性記録膜の上面に溝が設けられていること。

【0021】

(2) 前記複数の軟磁性層と前記強磁性記録膜との間に非磁性層を有すること。

【0022】

(3) 前記複数の軟磁性層と前記強磁性記録膜との間に、当該強磁性記録膜よりも保磁力の小さい磁性層を有すること。

【0023】

また、本発明の第3の磁気記録媒体は、基板と、この基板上に設けられた軟磁性膜と、この軟磁性膜上に設けられた非磁性層と、この非磁性層上に設けられ前記基板の上面に平行な方向に配列するとともに前記基板の上面に垂直な方向に磁気異方性をそれぞれ有する複数の強磁性記録層と、当該複数の強磁性記録層各々の上にそれぞれ設けられた複数の軟磁性層とを具備することを特徴とする。

【 0 0 2 4 】

また、本発明の第 3 の磁気記録媒体において、以下の構成を備えることが好ましい。

【 0 0 2 5 】

(1) 前記複数の軟磁性層と前記複数の強磁性記録層との間に非磁性層を有すること。

【 0 0 2 6 】

(2) 前記複数の軟磁性層と前記複数の強磁性記録層との間に、当該強磁性記録層よりも保磁力の小さい磁性層を有すること。

【 0 0 2 7 】

また、本発明の第 1、第 2、第 3 の磁気記録媒体において、以下の構成を備えることが好ましい。

【 0 0 2 8 】

(1) 前記複数の軟磁性層それぞれの厚さが 1 0 0 n m 以下であること。

【 0 0 2 9 】

(2) 前記複数の軟磁性層のそれぞれの断面形状は矩形、台形、又は三角形であること。

【 0 0 3 0 】

また、本発明の第 4 の磁気記録媒体は、基板と、この基板上に設けられ、前記基板の上面に平行な方向に配列した複数の突起部を前記基板と反対側の面に有する軟磁性膜と、前記軟磁性膜上に設けられ前記基板の上面に垂直な方向に磁気異方性を有する強磁性記録膜とを具備することを特徴とする。

【 0 0 3 1 】

また、本発明の第 4 の磁気記録媒体において、以下の構成を備えることが好ましい。

【 0 0 3 2 】

(1) 前記軟磁性膜の複数の突起部と前記強磁性記録膜との間に非磁性層を有すること。

【 0 0 3 3 】

(2) 前記非磁性層は前記複数の突起部同士の間を埋め込んで設けられ、当該非磁性層の上面は平坦であること。

【0034】

(3) 前記軟磁性膜の複数の突起部と前記強磁性記録膜との間に、当該強磁性記録膜よりも保磁力の小さい磁性層を有すること。

【0035】

(4) 前記保持力の小さい磁性層は前記複数の突起部同士の間を埋め込んで設けられ、当該保磁力の小さい磁性層の上面は平坦であること。

【0036】

(5) 前記複数の突起部それぞれの高さが100nm以下であること。

【0037】

(6) 前記複数の突起部それぞれの断面形状は矩形、台形、又は三角形であること。

【0038】

(作用)

本発明の第1の磁気記録媒体によれば、軟磁性膜上に複数の軟磁性層が設けられ、その上に強磁性記録膜が設けられているので、この強磁性記録膜の記録予定領域に対してヘッドの磁極位置がずれた場合でも、上記複数の軟磁性層の各々が磁束を吸い寄せる働きをし、これによりその上の強磁性記録膜の記録予定領域に対して効率的に記録磁界を印加することが可能であり記録性能が向上する。また、強磁性記録膜をパターン形成するのではなく軟磁性層をパターン形成するので、強磁性記録膜の加工による磁気特性劣化を防止することが可能である。強磁性記録膜がパターン形成されないことにより磁気ヘッドの浮上量を低く制御することも可能である。

【0039】

本発明の第2の磁気記録媒体によれば、軟磁性膜上に強磁性記録膜が設けられ、その上に複数の軟磁性層が設けられているので、強磁性記録膜の記録予定領域に対してヘッドの磁極位置がずれた場合でも、上記複数の軟磁性層の各々が磁束を吸い寄せる働きをし、これによりその下の強磁性記録膜の記録予定領域に対し

て効率的に記録磁界を印加することが可能であり記録性能が向上する。また、強磁性記録膜をパターン形成するのではなく軟磁性層をパターン形成するので、強磁性記録膜の加工による磁気特性劣化を防止することが可能である。

【 0 0 4 0 】

本発明の第 3 の磁気記録媒体によれば、本発明の第 2 の磁気記録媒体と同様に、効率的な記録磁界の印加により記録性能が向上する他、複数の強磁性記録層の各々を越えての磁化転移の揺らぎを抑える効果が得られ、信頼性の高い高密度磁気記録を行うことができる。

【 0 0 4 1 】

本発明の第 4 の磁気記録媒体によれば、複数の突起部を有する軟磁性膜上に強磁性記録膜が設けられているので、この強磁性記録膜の記録予定領域に対してヘッドの磁極位置がずれた場合でも、上記複数の突起部の各々が磁束を吸い寄せる働きをし、これによりその上の強磁性記録膜の記録予定領域に対して効率的に記録磁界を印加することが可能であり記録性能が向上する。また、強磁性記録膜をパターン形成するのではなく軟磁性膜の上面をパターン形成するので、強磁性記録膜の加工による磁気特性劣化を防止することができ、またプロセスの簡略化が可能となる。強磁性記録膜がパターン形成されないことにより磁気ヘッドの浮上量を低く制御することも可能である。

【 0 0 4 2 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しつつ詳細に説明する。

【 0 0 4 3 】

（第 1 の実施形態）

図 1 は、本実施形態による磁気記録媒体の構造を示す断面図である。図 1 に示されるように、この磁気記録媒体は、基板 1 1 と、基板 1 1 上に設けられた軟磁性膜 1 2 と、この軟磁性膜 1 2 上に設けられ基板 1 1 の上面に平行な方向に配列した複数の軟磁性層 1 4 と、複数の軟磁性層 1 4 上に設けられ基板 1 1 の上面に垂直な方向に磁気異方性を有する強磁性記録膜 1 5 とを有している。複数の軟磁性層 1 4 と強磁性記録膜 1 5 との間には、中間層 1 3 が複数の軟磁性層 1 4 同士

の間を埋め込むようにして設けられている。中間層 1 3 の上面は、ヘッドの浮上に支障がない程度に平坦化されている。その平坦度は、Ra（平均粗さを指す。AFM(Atomic Force Microscope)により測定される。）で10nm以下であり、好ましくは5nm以下、より好ましくは3nm以下である。

【 0 0 4 4 】

次に、本実施形態の磁気記録媒体の作用と効果について説明する。

【 0 0 4 5 】

図 4 は、軟磁性下地膜 1 2、複数の軟磁性層 1 4、中間層 1 3、強磁性記録膜 1 5、記録ヘッド磁極部分 1 6 の拡大図を示す。図 4 に示すように、記録時には、磁極 1 6 から出た磁束 4 1 は複数の軟磁性層 1 4 が存在する部分のみを通過するので、記録ヘッド磁極部分 1 6 が強磁性記録膜 1 5 の記録予定領域からずれた場合でも、複数の軟磁性層 1 4 が存在する部分の上に位置する強磁性記録膜 1 5 の部分が優先的に反転する。従って、記録ヘッド磁極部分 1 6 のずれの許容量を大きくすることが可能である。

【 0 0 4 6 】

これに対して、パターンド媒体において、記録磁界が媒体のパターンとずれたタイミングで印加された場合、パターンの一部で磁化反転が起こり、それがパターン内部全体に伝わる過程をとる。記録磁極の位置がずれているために、磁束はパターン化された強磁性記録層中の一部しか通らない。このとき、最初に磁化反転する領域が強磁性記録層パターン全体に伝播しない限り記録はできない。したがって、強磁性記録層パターン全体に磁界が印加される場合よりもより大きな磁界を必要とし、また、磁化反転領域が伝播し得ない場合も起こるので、ずれの許容量はそれほど大きくはない。

【 0 0 4 7 】

このように、本実施形態の磁気記録媒体によれば、複数の軟磁性層 1 4 が磁極 1 6 から出た磁束 4 1 を吸い寄せる働きを有するので、記録ヘッド磁極部分 1 6 のずれの許容量を大きくすることができ、強磁性記録膜をパターンニングして作製する通常のパターンド媒体よりも優れた効果を得ることが可能である。

【 0 0 4 8 】

また、本実施形態の磁気記録媒体は、その加工対象が軟磁性膜であり、加工対象が強磁性記録膜である通常のパターンド媒体とは異なっている。一般に強磁性膜を微細加工すると、結晶性が崩れ、異方性エネルギーが減少することが知られている。強磁性記録膜にとっては異方性エネルギーは極めて重要な磁気特性であり、この劣化は磁気記録媒体としての特性の大幅な劣化につながる。また、強磁性記録膜は多くの微細な粒子とその間を埋める非磁性異種物質からなる膜となっているので、微細な加工を行う場合には精度を保つのが難しい。

【 0 0 4 9 】

一方、軟磁性膜を加工する場合には、異方性エネルギーはそもそも小さいのでその減少は問題とならない。また、軟磁性膜は、アモルファス/ナノ結晶となっている場合には加工性が優れ、また、多結晶となっている場合でも記録層ほどの分断構造ではない(交換結合が作用する状態になっている。)ので、加工性が優れている。このように、磁気特性と加工性の点で本発明による磁気記録媒体は通常のパターンド媒体よりも優れている。

【 0 0 5 0 】

また、本実施形態の磁気記録媒体においては、浮上高制御を行いやすいという利点もある。図 1 に示した構造をとる場合には、強磁性記録膜 1 5 の上面が平坦となっているので、このメリットは明らかである。

【 0 0 5 1 】

本実施形態において、基板 1 1 は、通常円形の硬質のもので、金属、ガラス、セラミクスなどを用いることができる。また、上記の構成要件の他に、必要に応じて、その表面に保護層(CやSiO₂などから構成される。)や下地層を用いることができる。

【 0 0 5 2 】

また、強磁性記録膜 1 5 は、現在の磁気記録媒体で一般的に用いられているものが使われる。すなわち、材料としては、飽和磁化Isが大きくかつ磁気異方性が大きいものが適している。この観点から、磁性金属材料としては、例えばCo、Pt、Sm、Fe、Ni、Cr、Mn、Bi、およびAlならびにこれらの金属の合金からなる群より選択される少なくとも一種を用いることが好ましい。これらのうちでは、結晶

磁気異方性の大きいCo基合金、特にCoPt、SmCo、CoCrをベースとしたものやFePt、CoPt等の規則合金がより好ましい。具体的には、Co-Cr、Co-Pt、Co-Cr-Ta、Co-Cr-Pt、Co-Cr-Ta-Pt、 $\text{Fe}_{50}\text{Pt}_{50}$ 、 $\text{Co}_{50}\text{Pt}_{50}$ 、 $\text{Fe}_{50}\text{Pd}_{50}$ 、 Co_3Pt_1 などである。また、これらの他にも、Tb-Fe、Tb-Fe-Co、Tb-Co、Gd-Tb-Fe-Co、Gd-Dy-Fe-Co、Nd-Fe-Co、Nd-Tb-Fe-Co等の希土類-遷移金属合金、磁性層と貴金属層の多層膜(Co/Pt、Co/Pdなど)、PtMnSb等の半金属、Coフェライト、Baフェライト等の磁性酸化物などから幅広く選択することができる。

【 0 0 5 3 】

磁気特性を制御する目的で、上記の磁性体にさらに磁性元素であるFe、Niから選ばれる少なくとも1つ以上の元素と合金化させてもよい。また、これらの金属または合金に、磁気特性を向上させるための添加物、例えばCr、Nb、V、Ta、Mo、Ti、W、Hf、Cr、V、In、Zn、Al、Mg、Si、B等、あるいはこれらの元素と、酸素、窒素、炭素、水素の中から選ばれる少なくとも一つの元素との化合物を加えても良い。

【 0 0 5 4 】

磁気異方性に関しては、垂直磁気異方性成分が主であれば面内磁気異方性成分があっても構わない。

【 0 0 5 5 】

強磁性記録膜の厚さに特に制限はないが、高密度記録を考えると100 nm以下が好ましく、50 nm以下がより好ましく、20 nm以下が更に好ましい。0.1 nm以下になると薄膜を構成するのが困難になるので好ましくない。

【 0 0 5 6 】

上記の強磁性記録膜は、磁性粒子とその間に存在する非磁性物質とから構成される複合材料である場合が好ましい。磁性粒子を反転単位とした高密度磁気記録が可能となるからである。

【 0 0 5 7 】

軟磁性膜12は、強磁性記録膜15に効率的な垂直磁気記録／再生を行うために、強磁性記録膜15中の磁区や記録／再生ヘッドと静磁気相互作用を介して磁氣的に結合されている。磁気異方性の方向は膜面に垂直でも、面内周方向でも、

面内半径方向でも、あるいはこれらの合成であっても構わない。保磁力の大きさは、記録時にヘッド磁界によってスピンの向きが変わって閉磁路が形成される程度であればよいが、一般的には数kOe以下であれば好ましく、1 kOe以下であればさらに好ましく、500 Oe以下であればなお好ましい。

【 0 0 5 8 】

軟磁性膜 1 2 の微細構造は、強磁性記録膜 1 5 と同様な構造であれば、結晶性や微細構造制御の点で好ましいが、磁気特性を優先させる場合には敢えて別の構造とすることもできる。例えば、アモルファスの軟磁性下地膜と結晶性の強磁性記録膜、あるいはその逆が考えられる。また、軟磁性体微粒子が非磁性体マトリックス中に存在する、いわゆるグラニューラー構造であっても構わないし、磁気特性の異なる複数の層(例えば軟磁性層／非磁性層の多層膜)から構成されていても構わない。

【 0 0 5 9 】

また、軟磁性下地膜の結晶性や磁気特性を制御する目的で、軟磁性下地膜と基板との間に複数の下地層を設けても良い。この下地層は磁性体であっても非磁性体であっても両者の複合体であっても構わない。

【 0 0 6 0 】

複数の軟磁性層 1 4 と強磁性記録膜 1 5 との間に中間層 1 3 を設けることが好ましい。中間層 1 3 は一つの層からなるものでも複数の層からなるものでも良い。中間層 1 3 は、磁性体であっても非磁性体であってもよい。非磁性体の場合は、磁性体の分断効果によってノイズ源となる磁区の形成を抑えることができるという点で好ましい。磁性体の場合は、強磁性記録膜 1 5 よりも保磁力の小さい磁性層を用いれば良く、非磁性体程ではないがこれに近い効果を得ることができる。また、中間層 1 3 の厚さは特に限定されないが、非磁性体の場合、その部分(複数の軟磁性層 1 4 各々と強磁性記録膜 1 5 との間の部分)が100 nmよりも厚いと、軟磁性下地膜 1 2 と記録／再生ヘッドの磁極 1 6 間の磁気相互作用が小さくなるので好ましくない。

【 0 0 6 1 】

非磁性体からなる中間層 1 3 は、強磁性記録膜 1 5 を構成する磁性部分あるい

は必要に応じて非磁性部分の結晶構造を制御する役割、あるいは他の層からの不純物の混入を防ぐ役割も併せ持っている。例えば、磁性部分の所望の結晶配向の格子間隔に近い格子間隔を持つ中間層を用いれば磁性部分の結晶状態を制御することが可能である。また、例えば、ある表面エネルギーを持ったアモルファス下地を用いることにより、磁性部分あるいは非磁性部分の結晶性あるいはアモルファス性を制御する場合もある。中間層 1 3 と複数の軟磁性層 1 4 間にさらに別の中間層を設けても構わない。その場合には、それぞれの中間層に機能を分担させられるので効果が増加する。例えば、強磁性記録膜 1 5 の結晶粒を小さくする目的で粒径の小さなシード層（中間層）の上に強磁性記録膜 1 5 の結晶性を制御する別の中間層を設けることができる。他の層からの不純物の混入を防ぐ目的として、格子間隔の小さいあるいは緻密な薄膜を中間層 1 3 として用いればよい。

【 0 0 6 2 】

上記の磁性体、非磁性体の中間層は、その機能を共通に持っても構わない。磁性部分の結晶性を制御する磁性中間層等があっても構わない。また、上記の中間層は、イオンプレーティング・雰囲気ガス中でのドーブ・中性子線照射等によって生成される基板の表面改質層であっても構わない。この場合、薄膜堆積のプロセスを介さなくて済むので、媒体作成上好ましい。

【 0 0 6 3 】

複数の軟磁性層 1 4 は、膜自身が満たすべき要件は軟磁性下地膜 1 2 と同様である。垂直磁気記録における軟磁性下地膜 1 2 の機能の一部を担う部分であるが、その形態と磁気記録媒体中の設置位置に特徴がある。

【 0 0 6 4 】

形態は、通常の軟磁性下地膜と異なり、連続膜ではない。図 1 に模式的に示したように、ある大きさである間隔を持つ（分断化された）不連続なパターンを形成している。トラッキングを行う、あるいは高速のデータ再生を行う目的においては、このパターンはトラック方向に配列していて、パターンの間隔や大きさが符号化に都合の良い大きさに加工されていると好ましい。強磁性層が同様の加工をされているものはパターンド媒体と呼ばれるものであるが、本発明による磁気記録媒体は通常のパターンド媒体とは異なり、軟磁性層がパターン化されている。

【 0 0 6 5 】

存在位置は、軟磁性下地膜 1 2 と強磁性記録膜 1 5 の間である。図 1 に示すように、軟磁性下地膜 1 2 に接していても良いし、接していなくても良い。接している場合にはパターン化された部分（複数の軟磁性層 1 4 の各々）の熱揺らぎを防ぐ効果が大きい。また、接していない場合には特に 1 0 n m 以下の間隔であれば記録効率／再生効率を最大限に活かすことができる。この場合、例えば膜厚 1 0 n m 以下の非磁性膜を介在させる。

【 0 0 6 6 】

複数の軟磁性層 1 4 の各々の作製方法としては、パターンド媒体の作製方法として知られている方法を用いることができる。すなわち、連続膜を半導体で使われるリソグラフィー等の技術を利用して加工しても良いし、自己組織化する PS-P MMA（ポリスチレンーポリメチルメタクリレート）等のジブロックコポリマーを用いてマスクを形成し加工しても良いし、粒子線照射などで直接加工しても良い。リフトオフ法で不要部分を除去するやり方でも良いし、あらかじめ形成した穴に軟磁性層 1 4 形成材料を埋め込んでも良い。

【 0 0 6 7 】

形態の例としては、軟磁性下地膜 1 2 の基板と反対側の面の表層部分を上記の方法で加工するものでも良い。この場合、材料、構造的には軟磁性下地膜と複数の軟磁性層とは一体化して連続したものとなっているが、機能上は別のものであり、かかる形態の磁気記録媒体においては、加工した表層部（突起部）が複数の軟磁性層 1 4 に相当するものである。

【 0 0 6 8 】

また、複数の軟磁性層 1 4 のそれぞれの断面形状は図 1 に示す矩形状でも良いし、図 3 に示すような三角形（例えば、円錐や多角形錐等に相当する。）や台形でも良い。また、三角形の下に矩形が組み合わされた断面形状、といったようないくつかの形状の組み合わせでも構わない。図 3 のように複数の軟磁性層 3 4 のそれぞれの先端が尖鋭化されている場合、磁束が各々の軟磁性層 3 4 の先端に集中するので、記録及び再生ともに効率が向上する。

【 0 0 6 9 】

図 1 に示すように中間層 1 3 と強磁性記録膜 1 5 との界面が平坦になっていてもよいし、図 2 に示すように複数の軟磁性層 1 4 による段差に沿って中間層 2 3 及び強磁性記録膜 2 5 が形成された構造を採用することも可能である。前者は、ヘッドの浮上高を低く抑えることができて好ましく、後者は安価に製造できて好ましい。どちらを選ぶかは本発明による磁気記録媒体を使うシステムの仕様によって決まるものである。

【0070】

(第 2 の実施形態)

図 5 は、本実施形態による磁気記録媒体の構造を示す断面図である。図 5 に示されるように、この磁気記録媒体は、基板 1 1 と、基板 1 1 上に設けられた軟磁性膜 1 2 と、軟磁性膜 1 2 上に設けられた中間層 5 3 と、中間層 5 3 上に設けられ基板 1 1 の上面に垂直な方向に磁気異方性を有する強磁性記録膜 5 5 と、強磁性記録膜 5 5 上に設けられ基板 1 1 の上面に平行な方向に配列した複数の軟磁性層 5 4 とを有する。図 1 と同一部分には同一符号を付す。

【0071】

本発明による磁気記録媒体の特徴は、複数の軟磁性層 5 4 が強磁性記録膜 5 5 の上側に存在することである。その作用を図 6 を用いて説明する。図 4 の場合と同じように、磁極から出た磁束 6 1 は複数の軟磁性層 5 4 の存在する部分に集中する。その結果、その部分の下にある強磁性記録膜 5 5 の記録予定領域のみが磁化反転し、第 1 の実施形態と同様に記録ヘッド磁極部分 1 6 のずれの許容量を大きくすることが可能である。

【0072】

これに対して、パターンド媒体において、記録磁界が媒体のパターンとずれたタイミングで印加された場合、パターンの一部で磁化反転が起こり、それがパターン内部全体に伝わる過程をとる。この過程を模式的に図 9 に示す。記録磁極 1 6 の位置がずれているために磁束 6 1 はパターン化された強磁性記録層 9 5 中の一部しか通らない。このとき最初に磁化反転する領域はハッチをかけた部分 9 5 a であり、それが強磁性記録層パターン全体に伝播しない限り記録はできない。ここでは強磁性記録層部分 9 5 b には磁化反転は伝播していない。したがって、

強磁性記録層パターン全体に磁界が印加される場合よりもより大きな磁界を必要とし、また、磁化反転領域が伝播し得ない場合も起こるので、ずれの許容量はそれほど大きくはない。

【 0 0 7 3 】

一方、本発明による磁気記録媒体の場合を図 1 0 に示す。図 9 と同様に磁極位置 1 6 はずれているのだが、パターン化された複数の軟磁性層 5 4 が存在するので磁束 6 1 はそこに吸い寄せられ、その下の強磁性記録膜 5 5 においては、軟磁性層 5 4 のパターンの直下における記録予定領域 5 5 a の全体が反転領域となる。5 5 b は記録しない領域である。したがって、本実施形態の磁気記録媒体によれば、記録ヘッド磁極部分 1 6 のずれの許容量を大きくすることができ、強磁性記録膜をパターニングして作製する通常のパターンド媒体よりも優れた効果を得ることが可能である。

【 0 0 7 4 】

本実施形態の磁気記録媒体が通常のパターンド媒体に対して有する他の利点は上記第 1 の実施形態において述べた利点と同様である。すなわち、加工精度を高くすることができる点、磁気特性の劣化を抑制することができる点である。

【 0 0 7 5 】

また、本実施形態の磁気記録媒体は、浮上高の制御の点においても問題はない。以下、この点について説明する。通常、磁束が拡散してしまうことによる発生磁界強度の低下にある。しかし、本実施形態の場合には図 6 を見るとわかるように、記録磁極 1 6 の先端が強磁性記録膜 5 5 に密接しているのと等価である。つまり浮上高ゼロの状態である。従って、このときの実際の浮上高が満たすべき要件は、磁束 6 1 が複数の軟磁性層 5 4 の各々に向かって拡散しない程度で良く、そのためには、複数の軟磁性層 5 4 同士の間隔より短い距離であれば良い。現状想定されているパターンド媒体の場合、細密ビットを一個のパターンで作ったとすると、その間隔は数 10 nm 程度となる。一方、現行の媒体に要求されている浮上高は 10 nm 以下であることから、本実施形態の磁気記録媒体においても浮上高の制御が可能であるといえることができる。

【0076】

なお、複数の軟磁性層54各々の形状を図3に示したように円錐や多角形錐等とすると、磁束は曲率の小さい部分に集中するので、磁束の発散を抑止し浮上高をさらに大きくすることが可能である。

【0077】

その他、本実施形態の磁気記録媒体について、第1の実施形態で説明した諸事項を適用することが可能である。

【0078】

(第3の実施形態)

図7は、本実施形態による磁気記録媒体の構造を示す断面図である。図7に示されるように、この磁気記録媒体は、基板11と、基板11上に設けられた軟磁性膜12と、軟磁性膜12上に設けられた中間層53と、中間層53上に設けられ基板11の上面に垂直な方向に磁気異方性を有する強磁性記録膜75と、強磁性記録膜75上に設けられ基板11の上面に平行な方向に配列した複数の軟磁性層54とを有する。複数の軟磁性層54同士の間における強磁性記録膜75の上面には溝75aが設けられている。

【0079】

本実施形態の磁気記録媒体の特徴は、強磁性記録膜表面の一部を加工することにより溝75aが設けられている点にある。強磁性記録膜表面の一部をパターン加工することによって、かかるパターンを越えての磁化転移の揺らぎを抑える効果が得られる。この場合、強磁性記録膜表面のパターンの各々の形状は複数の軟磁性層54各々の形状と同じである必要はない。複数の軟磁性層54とある程度の相関が保たれていれば、記録磁区パターンに乱れは起こらず、媒体ノイズが発生しない。ただし、強磁性記録膜表面の加工が進展するほど、通常のパターンド媒体に近くなるので磁気特性劣化の問題は起こるようになる。しかし、加工精度の問題は複数の軟磁性層54で決まるので悪影響は小さい。その他、磁極のずれの許容量、浮上高の点についても上記実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0080】

図 8 は、本実施形態の変形例であって強磁性記録層を完全に分離した構造の磁気記録媒体を示す断面図である。図 8 に示されるように、この磁気記録媒体は、基板 1 1 と、基板 1 1 上に設けられた軟磁性膜 1 2 と、軟磁性膜 1 2 上に設けられた中間層 5 3 と、中間層 5 3 上に設けられ基板 1 1 の上面に平行な方向に配列するとともに基板 1 1 の上面に垂直な方向に磁気異方性をそれぞれ有する複数の強磁性記録層 8 5 と、複数の強磁性記録層 8 5 各々の上にそれぞれ設けられた複数の軟磁性層 5 4 とを有する。8 5 a は複数の強磁性記録層 8 5 の側壁部である。

【 0 0 8 1 】

このように、図 8 に示した磁気記録媒体では、強磁性記録膜表面の全部が加工されているが、強磁性記録膜表面の全部をパターン加工することによって、かかるパターンを越えての磁化転移の揺らぎをさらに顕著に抑える効果が得られる。この場合、強磁性記録膜表面のパターンの各々の形状は複数の軟磁性層 5 4 各々の形状と同じである必要はない。複数の軟磁性層 5 4 とある程度の相関が保たれていれば、記録磁区パターンに乱れは起こらず、媒体ノイズが発生しない。ただし、通常のパターンド媒体と同様に磁気特性劣化の問題は起こるようになる。しかし、加工精度の問題は複数の軟磁性層 5 4 で決まるので悪影響は小さい。その他、磁極のずれの許容量、浮上高の点についても上記実施形態と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 8 2 】

図 7 や図 8 に示した磁気記録媒体の強磁性記録層 7 5、8 5 は、磁性粒子とその間に存在する非磁性物質とから構成される複合材料である場合が好ましい。磁性粒子を反転単位とした高密度磁気記録が可能となるからである。しかしながら、上記のごとく記録層の一部又は全部をパターン化する場合には、非磁性物質の存在は必ずしも必要ではなく、また、希土類-遷移金属合金のような連続的なアモルファス磁性体であっても良い。

【 0 0 8 3 】

その他、本実施形態の磁気記録媒体について、第 1 及び第 2 の実施形態で説明した諸事項を適用することが可能である。

【 0 0 8 4 】

【実施例】

以下、本発明の実施例について図面を用いつつ詳細に説明する。なお、図面としては、発明の実施の形態で用いた図面を適宜用いることとする。

【 0 0 8 5 】

(実施例 1)

図 1 は本実施例の磁気記録媒体を模式的に示す断面図である。その製造方法を以下に述べる。まず、2.5インチのガラスディスク基板 1 1 上に、NiAl 膜 10nm (図示せず。)、FeSiAl 膜 100 nm (軟磁性膜 1 2)、C 膜 2 nm (保護膜。図示せず。) をこの順にスパッタ法により堆積した。ここで、NiAl 膜はその上のFeSiAl 膜の配向性を制御するための膜である。その後、レジストを塗布し、通常のリソグラフィと同様の手法で、40 nm角で40 nm間隔の正方形開口部がディスクの周方向に沿って設けられたレジストパターンマスクを作製した。

【 0 0 8 6 】

次に、このレジストパターンマスク上にCoZrNb膜 (複数の軟磁性層 1 4 となる膜) を前記開口部を埋め込むよう30 nm堆積した。さらに、残留レジスト部分を除去するリフトオフ法を用いて、CoZrNb膜をパターニングした。なお、C 膜が複数の軟磁性層 1 4 各々の下に残ることもあるが、その厚さは2 nmであり、十分な記録効率/再生効率を得られる。その後、非磁性中間層 1 3 として Al_2O_3 を10 nm堆積し、化学機械研磨で平坦化し、Pt 膜1 nm、CoCrPt膜15 nm (強磁性記録膜 1 5)、C膜5 nm (保護膜。図示せず。) をこの順に堆積した。Pt 膜はその上のCoCrPt膜の配向性を制御するための膜である。

【 0 0 8 7 】

軟磁性下地膜 1 2 と複数の軟磁性層 1 4 の磁気特性をVSM (Vibrating Sample Magnetometer) で調べたところ、ヒステリシスは二段ループを示し、交換結合はしていないことがわかった。強磁性記録膜 1 5 単独の試料を別に作製し、記録膜自身の磁気特性を調べたところ、垂直保磁力は4.5 kOeであり、面内保磁力は0.3 kOeであった。また、同じ試料をVSMの磁界挿引速度を変化させて活性化体積を調べたところ、記録膜の結晶粒径の約2倍であった。したがって通常の磁気記録

媒体としては粒子間の交換結合の分断が良くはないが、その分、熱揺らぎに対する安定性は高い。

【 0 0 8 8 】

この媒体に垂直磁気記録用のヘッドを用いて記録／再生実験を行った。ただし、ヘッドは浮上させずに、接触した状態のものをピエゾ素子を用いて摺動した。記録後の状態をMFM (Magnetic Force Microscope) で観察したところ、複数の軟磁性層 1 4 のパターンと同じ周期で記録されていることがわかった。また、ピエゾ摺動でGMR素子を用いて再生したところ、複数の軟磁性層 1 4 のパターンの周期と同期した再生信号が得られた。

【 0 0 8 9 】

(実施例 2)

図 2 は本実施例の磁気記録媒体を模式的に示す断面図である。その製造方法を以下に述べる。まず、2.5インチのガラスディスク基板 1 1 上に、スパッタ法によりFe膜 8 nmとC 膜 2 nmのユニットを10回繰り返した多層構造の軟磁性下地膜 1 2 を作製した。引き続き、CoZrNb膜 30 nm (複数の軟磁性層 1 4 となる膜)、C 膜 1 nm (保護膜。図示せず。) を順に堆積した。この後、FIB(収束イオンビーム)法によって、CoZrNb膜及びC 膜を 30 nm×20 nmの長方形が 30 nm間隔で繰り返すパターンに加工した。その後引き続き、Si-N中間層 2 3 を 10 nm堆積した。この上にCo膜 0.3 nmとPd膜 1 nmのユニットを10回繰り返した多層構造 ([Co/Pd] 人工格子) の強磁性記録膜 2 5 を積層し、C膜 2 nm (保護膜。図示せず。) を積層した。

【 0 0 9 0 】

軟磁性下地膜 1 2 と複数の軟磁性層 1 4 の磁気特性をVSMで調べたところ、ヒステリシスは一段であり、交換結合していることがわかった。強磁性記録膜 2 5 単独の試料を別に作製し、記録膜自身の磁気特性を調べたところ、垂直保磁力は 7 kOeであり、面内保磁力は 0.1 kOeであった。また、同じ試料をVSMの磁界挿引速度を変化させて活性化体積を調べたところ、記録膜の結晶粒径の約3倍であった。したがって通常の磁気記録媒体としては粒子間の交換結合の分断が良くはないが、その分、熱揺らぎに対する安定性は高い。

【 0 0 9 1 】

この媒体に垂直磁気記録用のヘッドを用いて記録／再生実験を行った。ただし、ヘッドは浮上させずに、接触した状態のものをピエゾ素子を用いて摺動した。記録後の状態をMFMで観察したところ、複数の軟磁性層 1 4 のパターンと同じ周期で記録されていることがわかった。複数の軟磁性層 1 4 が無い部分は磁束量が不足して、[Co/Pd] 人工格子の大きな保磁力に打ち勝つだけの磁界強度が得られなかったためと思われる。また、ピエゾ摺動でGMR素子を用いて再生したところ、複数の軟磁性層 1 4 のパターンの周期と同期した再生信号が得られた。

【 0 0 9 2 】

(実施例 3)

図 3 は本実施例の磁気記録媒体を模式的に示す断面図である。その製造方法を以下に述べる。まず、2.5インチのガラスディスク基板 1 1 上に、スパッタ法によりNiAl 膜10 nm (図示せず。)、FeSiAl膜100 nm (軟磁性膜 1 2 と複数の軟磁性層 3 4 になる。)、Pt膜 2 nm (保護膜。図示せず。) をスパッタ法にて堆積した。ここで、NiAl 膜はその上のFeSiAl膜の配向性を制御するための膜である。

【 0 0 9 3 】

その後、レジストを塗布し、あらかじめ形成しておいた幅150 nmの同心円のグループパターンを持つスタンプを押し付けてレジストの加工を行って溝を形成した。この上に、PS-PMMAジブロックコポリマーを塗布し、窒素雰囲気中で140℃、2時間アニールし、40 nm直径の自己組織化パターンを上記溝の中に形成した。さらに、自己組織化パターンをCF₄によるRIE等を用いて選択的に除去し、全面にSOG(spin-on-glass)を塗布して、残留レジスト部分を除去するリフトオフ法により、自己組織化パターンを除去した部分にマスクパターンを形成した。マスクパターンはグループに沿って形成されており、グループ幅方向には4ドットが配列している。なお、マスクパターン形成工程において、自己組織化パターンを除去した部分にSOGを選択的に埋め込むことができれば、上記リフトオフ法を省略することができ、SOGから形成したマスクパターンに対して残存レジストを選択的にエッチングしても良い。

【 0 0 9 4 】

このマスクパターンを用いてイオンミリングを行い、FeSiAl膜表面に対してパターン加工を行った。これによってマスクパターンがない部分のみが選択的にエッチングされていき、結果として、FeSiAl膜の表面に図3に示す断面形状のパターンを形成することができた。FeSiAl膜は軟磁性膜12と複数の軟磁性層34とを合わせたものに対応し、FeSiAl膜の表面パターンは複数の軟磁性層34に対応する。ここで、FeSiAl膜表面の加工深さは約20 nmであった。

【 0 0 9 5 】

次に、マスクパターンを除去し、再びスパッタリング法でSi-N中間層34を10 nm堆積し、さらにCo膜 0.3 nmとPd膜 1 nmのユニットを10回繰り返した多層構造（[Co/Pd]人工格子）の強磁性記録膜15を堆積し、その上にC膜 2 nm（保護膜。図示せず。）を積層した。

【 0 0 9 6 】

この媒体に垂直磁気記録用のヘッドを用いて記録／再生実験を行った。ただし、ヘッドは浮上させずに、接触した状態のものをピエゾ素子を用いて摺動した。記録後の状態をMFMで観察したところ、複数の軟磁性層34のパターンと同じ周期で記録されていることがわかった。複数の軟磁性層34がない部分は磁束量が不足して、[Co/Pd]人工格子の大きな保磁力に打ち勝つだけの磁界強度が得られなかったためと思われる。また、ピエゾ摺動でGMR素子を用いて再生したところ、複数の軟磁性層34のパターンの周期と同期した再生信号が得られた。

【 0 0 9 7 】

（実施例4）

図5は本実施例の磁気記録媒体を模式的に示す断面図である。その製造方法を以下に述べる。まず、2.5インチのガラスディスク基板11上に、スパッタ法によりNiAl膜 10 nm（図示せず。）、FeTaC膜 80 nm（軟磁性膜12）、Cr膜 2 nm（非磁性中間層53）、CoCrPtTa膜 15 nm（強磁性記録膜55）、C膜 1 nm（保護膜。図示せず。）、SiO₂膜50 nm（保護膜。図示せず。）をスパッタ法によりこの順に堆積した。その後、レジストを塗布し、通常のリソグラフィと同様の手法で、40 nm角で40 nm間隔の正方形パターンがディスクの周方向に沿って設けら

れたレジストパターンマスクを作製した。

【 0 0 9 8 】

次に、全面にW膜を形成し、残留レジスト部分を除去するリフトオフ法を用いて当該W膜のパターニングを行い、Wマスクを形成する。この後、このWマスクを用いて CF_4 によるRIE(Reactive Ion Etching)法により SiO_2 膜に記録層パターンに対応する孔を開口する加工を行った。この後、CoZrNb膜(複数の軟磁性層54となる膜)を堆積し、化学機械研磨で平坦化し、その上にC膜5 nm(保護膜。図示せず。)を積層した。

【 0 0 9 9 】

この媒体に垂直磁気記録用のヘッドを用いて記録/再生実験を行った。ディスクの回転数を変えることでヘッドの浮上量を変えて、十分な記録/再生ができる浮上高を見積もった。別の摺動ヘッドによる実験で、実施例1乃至3で述べた記録及び再生ができることは確認してあるので、記録では磁界をディスク一周分印加して、再生信号から記録が十分できたかどうか判定した。

【 0 1 0 0 】

複数の軟磁性層54がない媒体では浮上高20 nm(公称値)以上で媒体ノイズが急激に増加した。これはこの浮上高以上で十分な記録ができていないことを示す。ところが、複数の軟磁性層54がある媒体では浮上高40 nmまでそのようなノイズの増加が見られなかった。図5の構造にすると必要浮上高が増加し、その上限はパターン間隔程度であることがわかった。

【 0 1 0 1 】

(実施例5)

図7は本実施例の磁気記録媒体を模式的に示す断面図である。その製造方法を以下に述べる。まず、2.5インチのガラスディスク基板11上に、スパッタ法によりCoZrNb膜80 nm(軟磁性膜12)、Si-N膜5 nm(非磁性中間層53)、アモルファスTbFeCo膜20 nm(強磁性記録膜75)、Si-N膜2 nm(非磁性層)、CoZrNb膜30 nm(複数の軟磁性層54となる膜)、C膜2 nm(保護膜。図示せず。)を順次堆積した。その後、FIB加工にて、CoZrNb膜及びC膜を40 nm角で40 nm間隔の正方形パターンが繰り返すパターンに加工した。さらに、FIB加工により

強磁性記録膜 7 5 の間のアモルファス TbFeCo 膜 20 nm (強磁性記録膜 7 5) 表面に溝 7 5 a を形成した。アモルファス TbFeCo 膜の削れ量は約 10 nm であった。この溝 7 5 a の周期は複数の軟磁性層 5 4 と同じ周期である。また、溝 7 5 a の幅は約 20 nm であり、複数の軟磁性層 5 4 の間隔の半分となった。

【0 1 0 2】

強磁性記録膜 7 5 単独の試料を別に作製し、記録膜自身の磁気特性を調べたところ、希土類 (Tb) と遷移金属 (FeCo) の比が補償組成に近く、保磁力は約 15 kOe であった。

【0 1 0 3】

この媒体に垂直磁気記録用のヘッドを用いて記録／再生実験を行った。ただし、ヘッドは浮上させずに、接触した状態のものをピエゾ素子を用いて摺動した。ピエゾ摺動で GMR 素子を用いて再生したところ、複数の軟磁性層 5 4 のパターンの周期と同期した再生信号が得られた。アモルファス TbFeCo 記録膜は連続膜であり磁壁を形成することで磁区ができるが、図 7 に示す断面構造になっているために、加工部分がピンニングセンターとなって磁壁の進行を抑えているものと考えられる。また、複数の軟磁性層 5 4 によって、約 15 kOe という非常に大きな保磁力を得ることができたものと考えられる。

【0 1 0 4】

(実施例 6)

図 8 は本実施例の磁気記録媒体を模式的に示す断面図である。FIB 加工の時間を長くした以外は実施例 5 と同様である。すなわち、アモルファス TbFeCo 膜 20 nm は完全に分断された形に加工されており、複数の強磁性記録層 8 5 が形成されている。

【0 1 0 5】

この媒体に対して上記各実施例と同様な記録／再生実験を行ったところ、再生出力が 2 倍になった。これは、TbFeCo 媒体が分断されたために、反転単位がパターン一個となり、より完全に磁化転移領域が形成されたためと思われる。

【0 1 0 6】

本実施例では、加工に時間がかかるという不利な点もあるが、出力が大きいと

いう利点がある。ただし、複数の強磁性記録層 8 5 の各々が孤立しているので、熱揺らぎ耐性は上記の各実施例よりも悪い。

【0 1 0 7】

(実施例 7)

本実施例による磁気記録媒体は、上記実施例 1 において複数の軟磁性層 1 4 の厚さが 100 nm 以下であることを特徴とする。

【0 1 0 8】

複数の軟磁性層 1 4 の各々の厚みが厚くなるほど磁極の集中が起こるので、記録／再生の効率は向上する。しかし、加工形状のアスペクト比が大きくなるので加工コストはどんどん大きくなる。また、加工精度も落ちる。目標とするパターンの面内方向の大きさや間隔が数 10 nm であることを考えれば、100 nm よりも厚いと加工コストや精度の問題が深刻化して好ましくない。

【0 1 0 9】

本発明者は、ガラス基板 1 1 上に CoZrNb 膜を厚さを変えて堆積させ、それを FIB で 50 nm × 50 nm の長方形に加工した試料を作製した。加工は基板まで達するようにし、加工後の磁気特性を測定し飽和磁束密度 B_s を推定した。その結果を図 9 に示す。横軸は所定の厚さに堆積した CoZrNb 膜を加工し終わるのに要する時間である。この時間は装置によるものなので任意目盛りとした。左側の縦軸は所定の CoZrNb 厚、右側の縦軸は B_s の推定値である (CoZrNb 10 nm の場合の値で規格化した)。CoZrNb 膜 (軟磁性層 1 4) が厚くなるほど加工時間は長くなる。しかし、それはリニアではなく、厚いものほど加工効率が悪くなる。また、加工が進むにつれて、CoZrNb 膜 (軟磁性層 1 4) のダメージが蓄積されて B_s が劣化している。 B_s の急激な劣化が起こる加工時間 (本実験では 3 分であった。) のところの CoZrNb 膜の厚みは 100 nm であった。すなわち、100 nm までの CoZrNb 膜ならば B_s の劣化が比較的少なくて済む。また、加工効率もそれほど悪化しない。

【0 1 1 0】

なお、本発明は上記実施形態及び実施例に限定されることはなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することが可能である。

【0 1 1 1】

【発明の効果】

以上のように、本発明によれば、ヘッドの磁極と磁性体の記録領域間の位置ずれの許容量を大きくすることに適した信頼性の高い磁気記録媒体を提供することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施形態による磁気記録媒体の構造を示す断面図。

【図 2】 本発明の第 1 の実施形態による磁気記録媒体の変形例の構造を示す断面図。

【図 3】 本発明の第 1 の実施形態による磁気記録媒体の他の変形例の構造を示す断面図。

【図 4】 本発明の第 1 の実施形態による磁気記録媒体の作用と効果を説明する模式図。

【図 5】 本発明の第 2 の実施形態による磁気記録媒体の構造を示す断面図。

【図 6】 本発明の第 2 の実施形態による磁気記録媒体の作用と効果を説明する模式図。

【図 7】 本発明の第 3 の実施形態による磁気記録媒体の構造を示す断面図。

【図 8】 本発明の第 3 の実施形態による磁気記録媒体の変形例の構造を示す断面図。

【図 9】 CoZrNb膜の所定厚さの加工時間とBsの変化との関係を示す特性図。

【図 1 0】 通常のパターンド媒体において記録ヘッドと記録パターンとに間にずれがある場合の記録過程を模式的に示す断面図。

【図 1 1】 本発明による磁気記録媒体において記録ヘッドと記録パターンとに間にずれがある場合の記録過程を模式的に示す断面図。

【符号の説明】

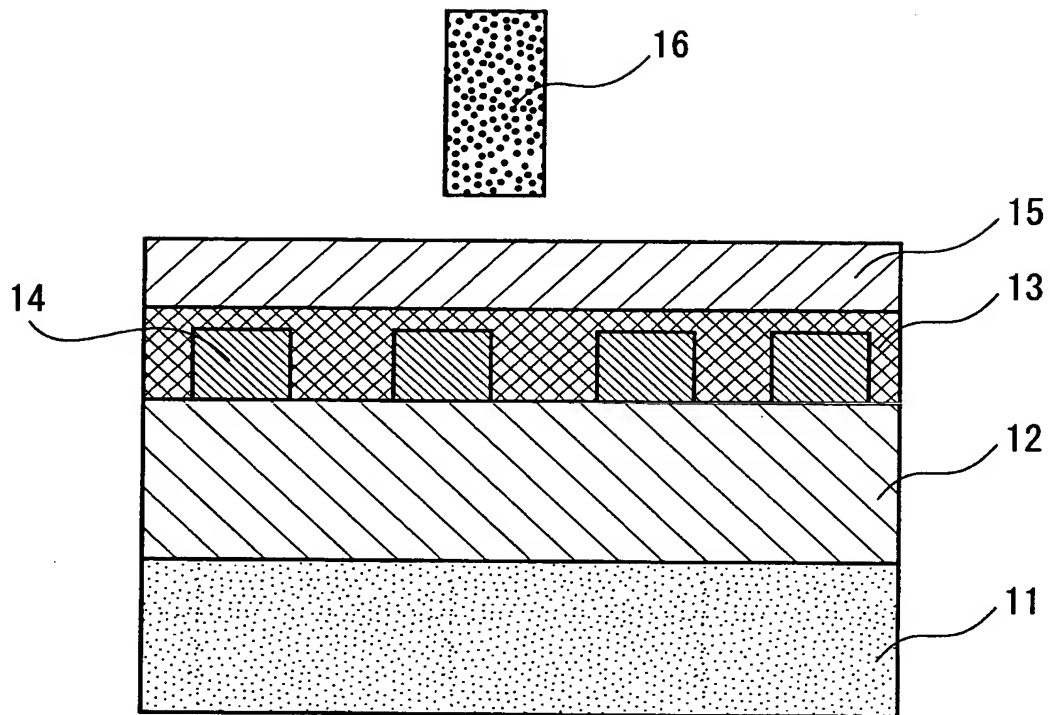
- 1 1 : 基板
- 1 2 : 軟磁性下地膜
- 1 3 : 中間層
- 1 4 : 複数の軟磁性層
- 1 5 : 強磁性記録膜

1 6 : 記録ヘッド

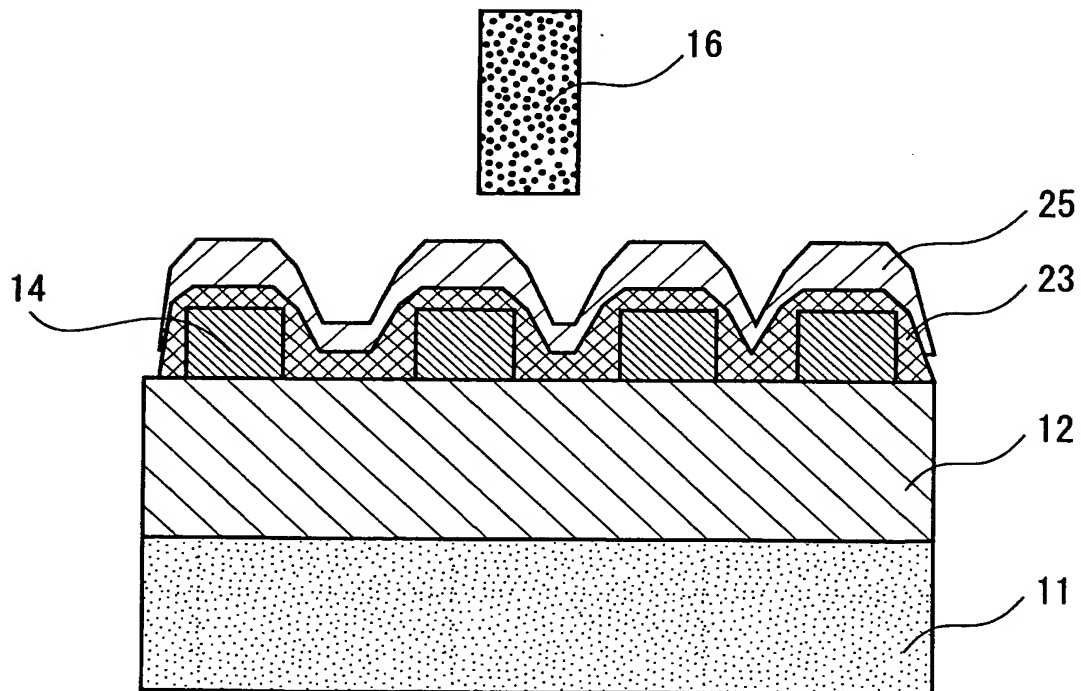
4 1 : 磁束

【書類名】 図面

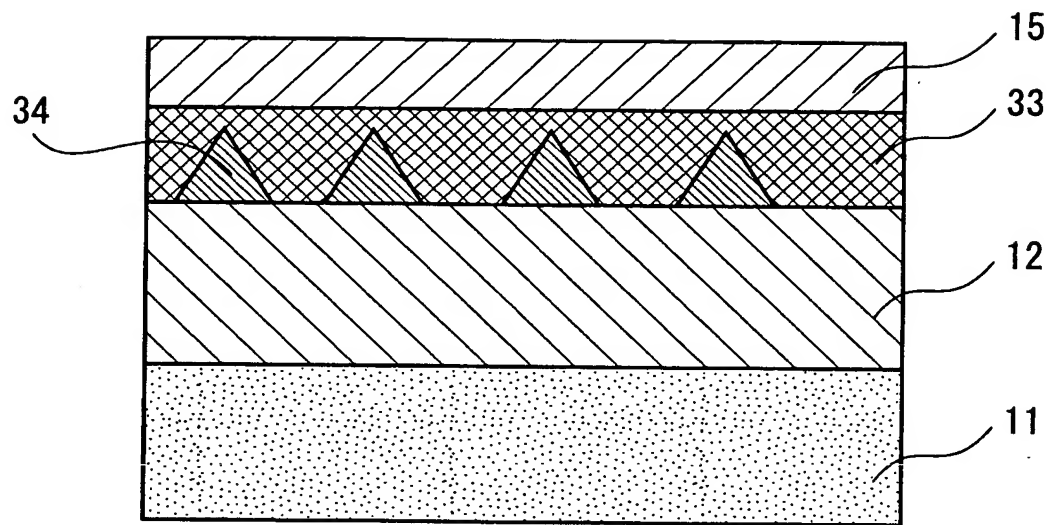
【図 1】



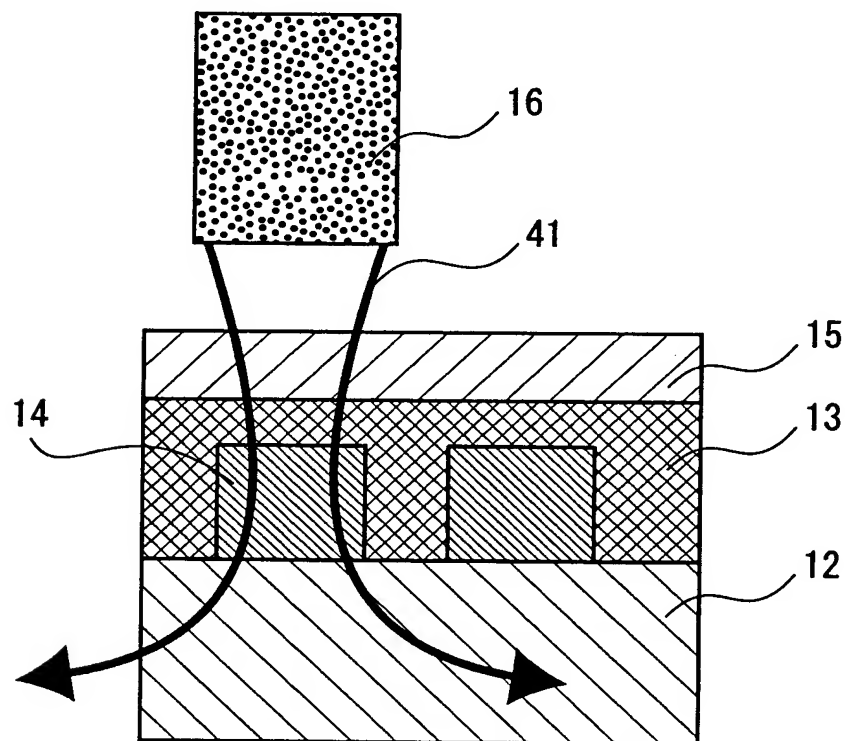
【図 2】



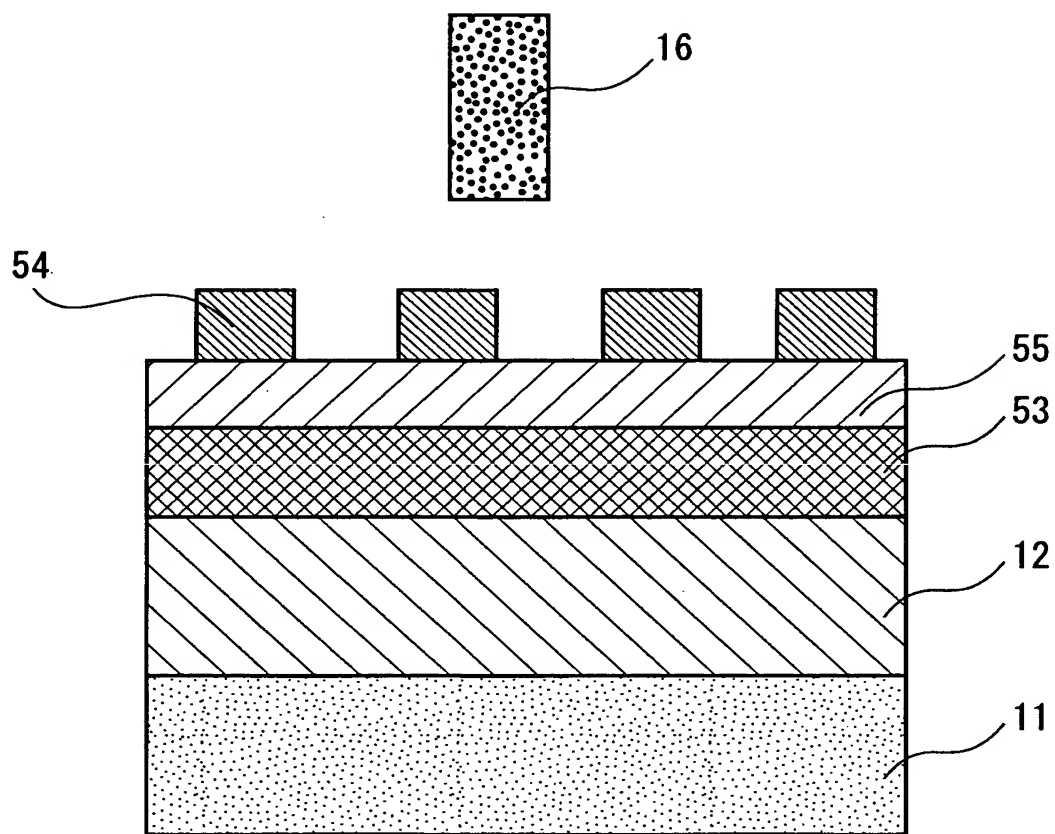
【図 3】



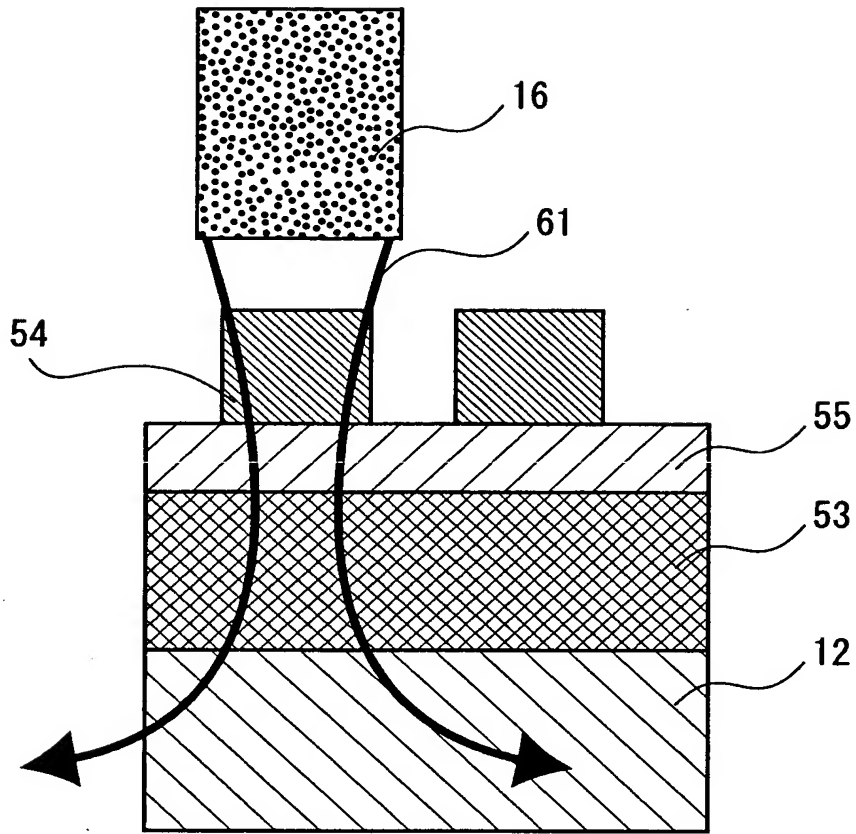
【図 4】



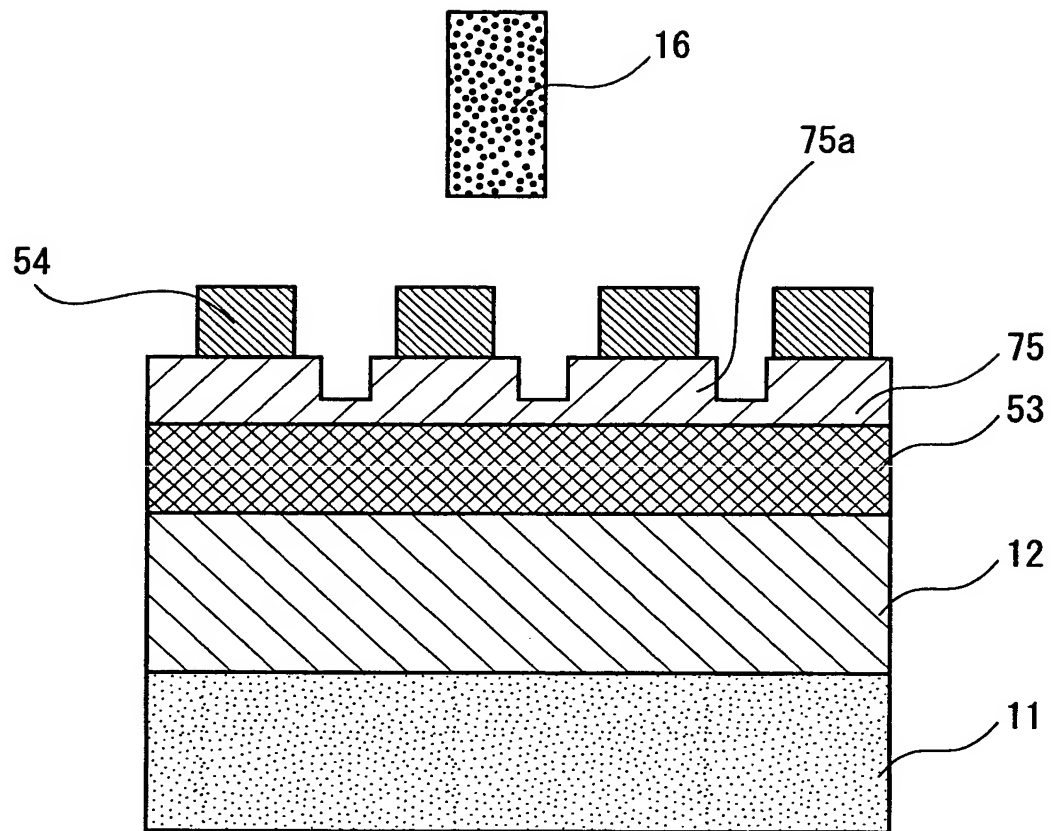
【図 5】



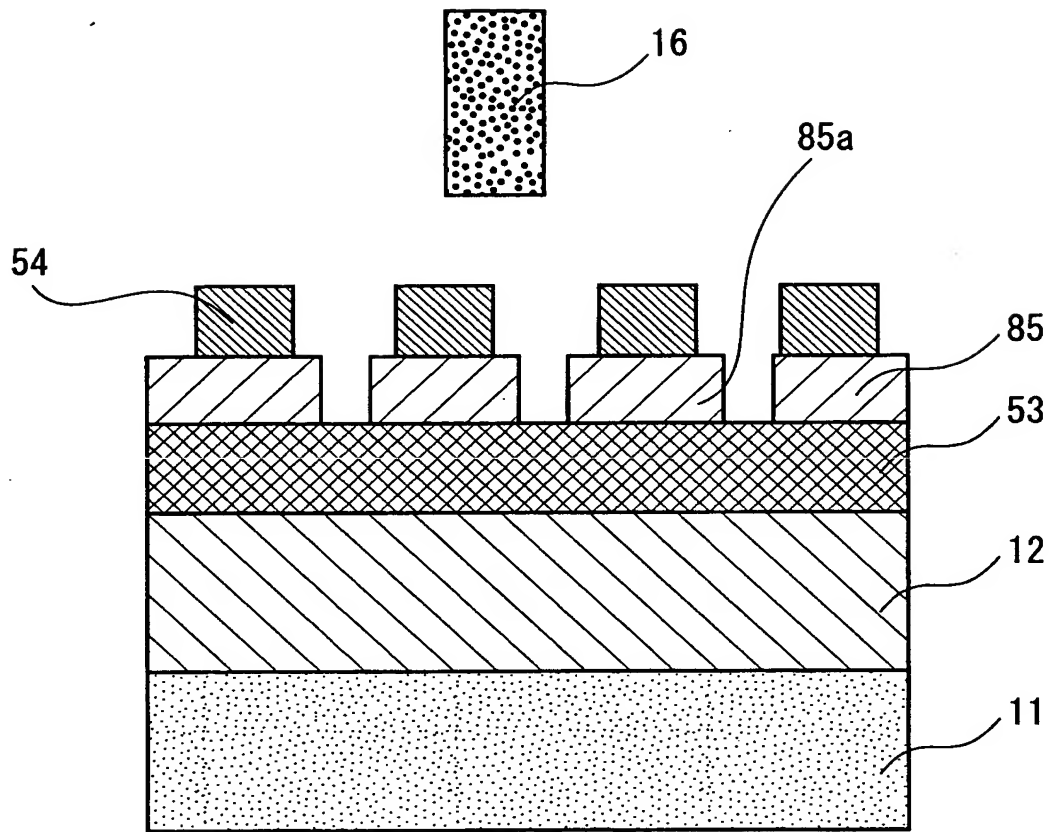
【図 6】



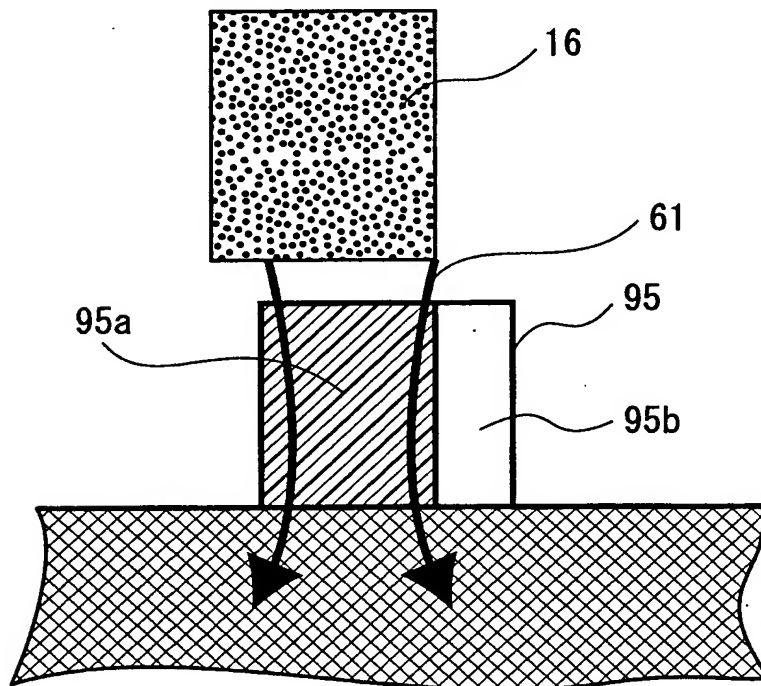
【図 7】



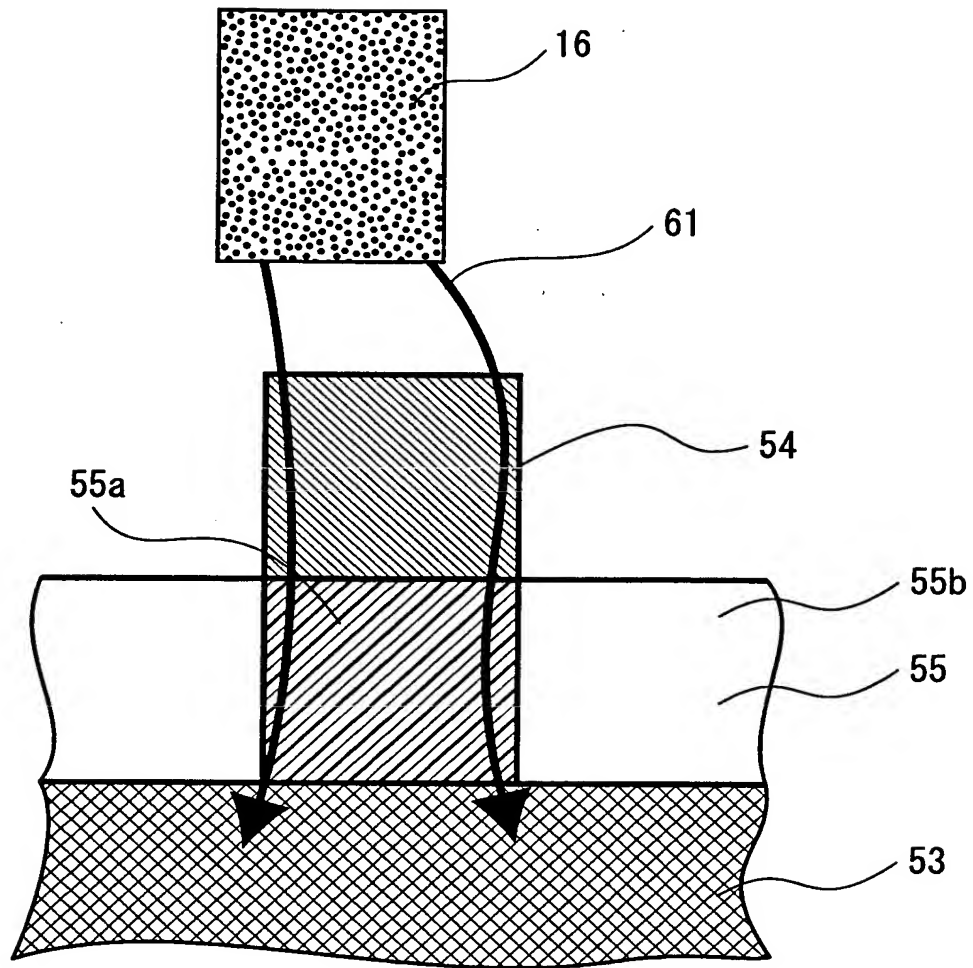
【図 8】



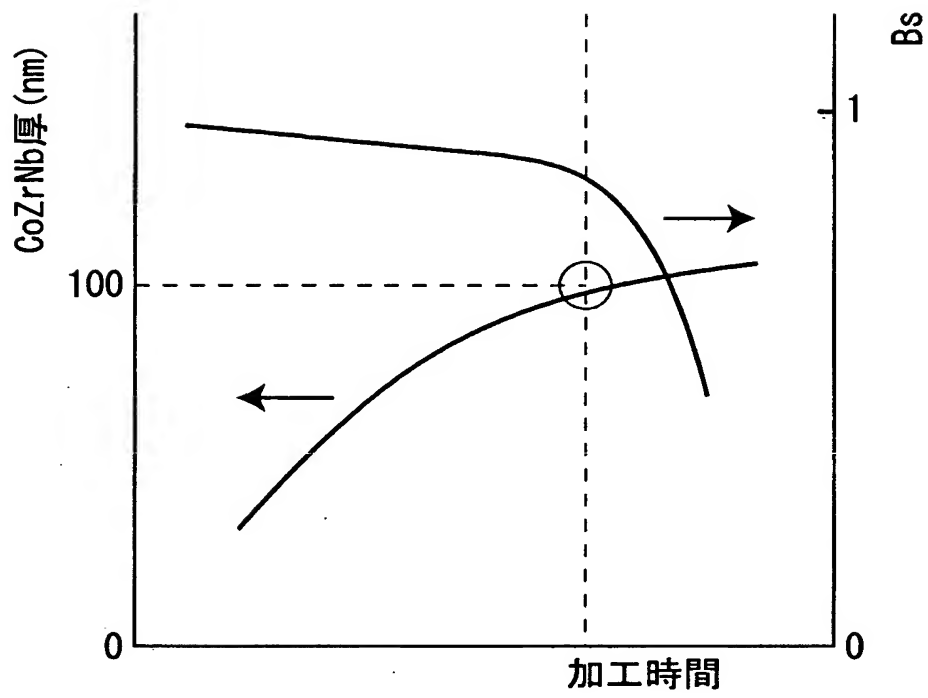
【図 9】



【図 1 0】



【図 1 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ヘッドの磁極と磁性体の記録領域間の位置ずれの許容量を大きくすることに適した信頼性の高い磁気記録媒体を提供する。また、磁性薄膜（記録膜）の加工プロセスにより記録膜の磁気特性が劣化してしまうという問題を解決し、ヘッドの浮上高を許容範囲を広くすることを目的とする。

【解決手段】 基板 1 1 と、基板 1 1 上に設けられた軟磁性膜 1 2 と、軟磁性膜 1 2 上に設けられ基板 1 1 の上面に平行な方向に配列した複数の軟磁性層 1 4 と、複数の軟磁性層 1 4 上に設けられ基板 1 1 の上面に垂直な方向に磁気異方性を有する強磁性記録膜 1 5 とを具備することを特徴とする磁気記録媒体。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 2 8 2 4 3 9
受付番号	5 0 2 0 1 4 4 9 6 3 8
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0 0 9 7
作成日	平成 1 4 年 9 月 3 0 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成14年 9月27日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日	2001年 7月 2日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都港区芝浦一丁目1番1号
氏 名	株式会社東芝